ARTICULATA 1991 6 (1): 91-119 ÖKOLOGIE

Untersuchungen zur Besiedlung der Verkehrsnebenflächen des Autobahnkreuzes Stuttgart durch Heuschrecken (Orthoptera, Saltatoria) mit besonderer Berücksichtigung der Dispersion der Großen Goldschrecke (Chrysochraon dispar)

Jörg Rietze & Heinrich Reck

Summary

The isolating effect of roads on grasshoppers was studied using areas surrounded by motorways within the intersection Stuttgart - Vaihingen. The distributions of grasshoppers were mapped and a mark-recapture analysis carried out for *Chrysochraon dispar*. The motorways act as an absolute barrier for the majority of the species which will not be crossed within decades for some species. Even the 10 m broad turn-offs show this effect. Additionally, roads adversally affect neighbouring habitats (chemical impacts, road bills). As a consequence, areas surrounded by motorways are depauperate and show a changed dominance structure. Migration seems to be sex-dependent in *Chrysochraon dispar*. Usual migration distances extend to >160 m, 1 Individual covered 120 m within less than 4 hours.

Zusammenfassung

Am Beispiel der Verkehrsnebenflächen des Autobahnkreuzes Stuttgart wurde die Hemmwirkung von Straßen auf die Ausbreitung von Heuschrecken untersucht. Dazu wurden Verbreitungsanalysen der vorkommenden Arten sowie Versuche zum Eiablagesubstrat und Markierungs- und Wiederfangversuche bei der Großen Goldschrecke durchgeführt. Entsprechend den Ergebnissen sind Autobahnen für den überwiegenden Teil der untersuchten Arten eine absolute Barriere, die auch in Jahrzehnten nicht überwunden werden kann. Für einzelne Arten scheint dies selbst für nur 10 m breite Zubringerstraßen der Fall zu sein. Straßen führen darüber hinaus zu ungünstigen Bedingungen auf den angrenzenden Lebensräumen (stoffliche Belastungen, erhöhte Mortalität). Daher sind die Straßennebenflächen gegenüber Vergleichsflächen deutlich verarmt (Artendefizit, meist deutlich geringere Individuendichten). Auch die Dominanzstruktur ist verändert.

Bei der Großen Goldschrecke scheint die Ausbreitungsaktivität geschlechtsspezifisch mit der Individuendichte zu korrelieren. Ausbreitungsstrecken von mehr als 160 m liegen im üblichen Aktionsradius von Männchen der Großen Goldschrecke, für ein Tier wurden z.B. 120 m Ausbreitungsstrecke in weniger als vier Stunden beobachtet.

Einleitung

Im Rahmen des FE-Vorhabens "Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf die Lebensräume von Pflanzen und Tieren" im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr (RECK & KAULE 1991) wurde 1990 die Besiedlung isolierter Verkehrsnebenflächen des Autobahnkreuzes Stuttgart (Gesamtfläche ca. 11 ha) durch wirbellose Tierarten untersucht (Tagfalter, Widderchen, Laufkäfer und Heuschrecken; RECK, RIETZE & WALTER, in Vorb.). Der Artenbestand dieser 'Straßeninseln' wurde mit vegetationstypologisch ähnlichen 'Inseln' verglichen, die anstelle von Verkehrswegen durch andere Nutzungstypen begrenzt waren. Hier sollen die Ergebnisse der Untersuchungen zum Heuschreckenbestand vorgestellt werden.

Das Autobahnkreuz Stuttgart wurde 1966 fertiggestellt. Seit 24 Jahren konnten Pflanzen und Tiere auf die Verkehrsnebenflächen einwandern. Inzwischen zeichnen sich diese Flächen (vordergründig) durch hervorragende strukturelle Eignung als Lebensraum für Tiere aus: sie sind nährstoffarm, weisen trockene bis feuchte Standorte auf und entsprechen damit Mangelbiotopen der Kulturlandschaft. Daher beherbergen sie durchaus seltene und gefährdete Arten (allein z.B. 8 Orchideenarten; BRÜCKNER et al. 1988).

Aufgrund dieser Merkmale (vergleichsweise hohes Alter, optimale Struktur) konnten aussagekräftige Beiträge zu den Fragenkomplexen Isolationswirkung von Straßen und Bedeutung von Straßenbegleitflächen als Lebensraum erwartet werden.

Bisher sind Isolations- und Verinselungseffekte durch Straßen erst an wenigen Beispielen und nur für wenige Tierarten und Lebensraumtypen untersucht (vgl. z.B. MADER 1981, PAURITSCH et al. 1985, BAY et al. 1990, KORN & PITZKE 1988, MADER et al. 1988), obgleich sie bei andauernder Zunahme von Verkehrsfrequenz und Dichte des Verkehrswegenetzes noch an Einfluß gewinnen werden.

Die Bedeutung von Straßenbegleitflächen, insbesondere ihre Funktion als Ausgleichs- und Ersatzlebensraum wird noch kontrovers diskutiert (z.B. ELLENBERG et al. 1981, WASNER 1984, MADER 1987, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM D. INNERN 1987, ULLMANN & HEINDL 1986, WEIDEMANN 1988).

Rahmenbedingungen

Allgemeines

Die Probeflächen liegen südwestlich von Stuttgart, zwischen S-Vaihingen und Sindelfingen (Abb. 1) auf ca. 500 m NN, im Übergang der Waldgebiete Schönbuch und Glemswald.

SÜ-S = Offenland (Laufkäfer)
SÜ-N = Offenland (Laufkäfer)
SÜ-W = Offenland (Laufkäfer, Heuschrecken, Tagfalter und Widderchen)
SÜ-WW = Offenland (Heuschrecken, Tagfalter und Widderchen)
HW = Wald nahe NSG "Heuwegflosche" (Laufkäfer)
STR = Offenland am Rand der Autobahn A 8 (Laufkäfer)
AK = Autobahnkreuz Stuttgart-Vaihingen (alle Artengruppen)

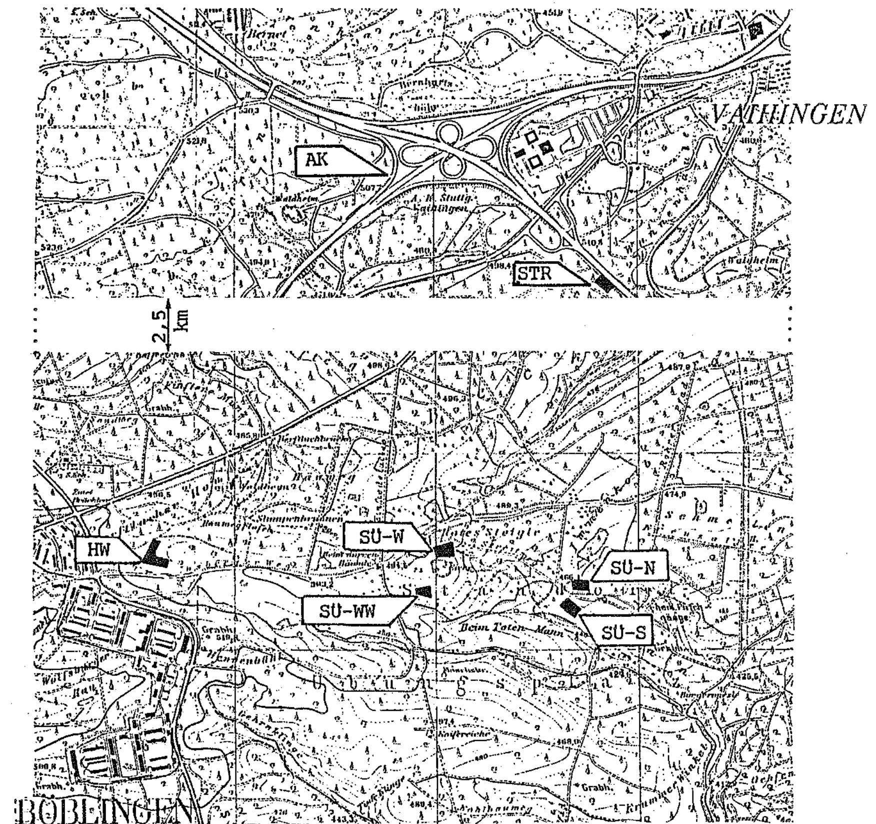


Abb. 1: Lage der Probeflächen

Den geologischen Untergrund bildet Stubensandstein. Das Klima des Gebiets ist ein Übergangsklima zwischen atlantisch und kontinental. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 7-8 °C, die durchschnittliche Niederschlagsmenge beträgt zwischen 900 und 1000 mm/Jahr (nach Angaben in HÖLZINGER 1981).

Die Entfernung zwischen den Flächen des Autobahnkreuzes und den Vergleichsflächen im Bereich des Standortübungsplatzes Böblingen beträgt rund 5 km.

Vegetation und Nutzung

Die Vegetation wurde von BETTINGER & MÖRSDORF (1990) untersucht. Es handelt sich v.a. um 'junge' Sukzessionsstadien, in denen Arten verschiedenster Pflanzengesellschaften in enger Durchdringung nebeneinander vorkommen. Als wesentlichste Typen sind Ruderalflächen, Pfeifengraswiesen, Feuchtpionierrasen und Übergangsgesellschaften zu feuchten Hochstaudenfluren, magere Saumgesellschaften, Schlagfluren, Gebüsche und gepflanzte Vorwälder zu nennen.

Die Fläche des Autobahnkreuzes setzt sich aus einem Straßenanteil von 105.000 qm und 12 Inselbereichen von insgesamt 116.000 qm zusammen. Von der gesamten Inselfläche entfallen 49.000 qm auf Gehölze und 67.000 qm auf Offenlandbereiche. Davon werden 37.000 qm als Straßenrandstreifen 2-3 mal jährlich in einer Breite von ca. 5 m gemäht. In unregelmäßigen Abständen erfolgt außerdem eine nahezu vollständige Mahd der offenen Bereiche von Inseln. Der Boden entwickelt sich auf Stubensandstein (Ausnahme: Mutterbodenauftrag für Gehölzflächen, Auffüllung auf I(H)).

Tab. 1.: Flächenanteile der Strukturtypen (in qm)

Insel	ungemähte Offenland-bereiche	gemähte Offenland-bereiche	Wald und Gebüsche
I(A)	1490	2800	1630
I(B)	910	2800	2760
I(C)	3270	2740	9100
I(D)	3800	4920	8150
I(E)	3400	1840	3240
I(F)	4350	4260	3810
I(G)	1350	3970	5330
I(H)	----	6700	1430
I(I)	2460	3530	2670
I(K)	1100	2770	1860
I(L)	1960	2390	7010
I(M)	1350	2860	1600

Auf dem Autobahnkreuz wurden im milden Winter 89/90 knapp 15 t Streusalz und Sole ausgebracht. Das durchschnittliche tägliche Verkehrsaufkommen betrug im Juni 1990 auf der A8 113.807 Kfz/Tag, auf der A81 104.391 Kfz/Tag. Die Zubringer wurden sehr viel seltener befahren.
Die Vergleichsflächen sind durch Ruderalflächen und Rohböden begrenzt und haben eine Ausdehnung von 1.250 qm (SÜ-W) bzw. 1.450 qm (SÜ-WW). Sie unterliegen einer unregelmäßigen Nutzung im Rahmen des militärischen Übungsbetriebs. Wesentlichste Unterschiede zu den Flächen des Autobahnkreuzes sind neben der direkten Umgebung der geringere Anteil an Gehölzen und der kleinräumigere Wechsel in der Bodenart (sandig bis tonig.)

Geschichte

Die Autobahn A 8 besteht seit über 50 Jahren. 1953 befand sich an der Stelle des heutigen Autobahnkreuzes Wald mit vereinzelten Lichtungen. Auf dem Luftbild von 1964 sind die Schneise für die A 81 und die Flächen für das Autobahnkreuz bereits gerodet. 1966 wurden die Bauwerke für den Verkehr freigegeben. Nach den Luftbildern wurden die Inseln und die anthropogen überformten Flächen nördlich der A 8 frühestens zwei Jahre später bepflanzt. Mit der Anlage von Erddeponien und der Bebauung des Gelände der Firma "IBM" veränderten sich ab 1968 die Biotope nördlich der A 8, so daß sich die Flächen der Umgebung als potentielle Ausbreitungszentren erheblich unterscheiden. Die weitere Entwicklung der Flächen zeigen Abb. 2 und Abb. 3.

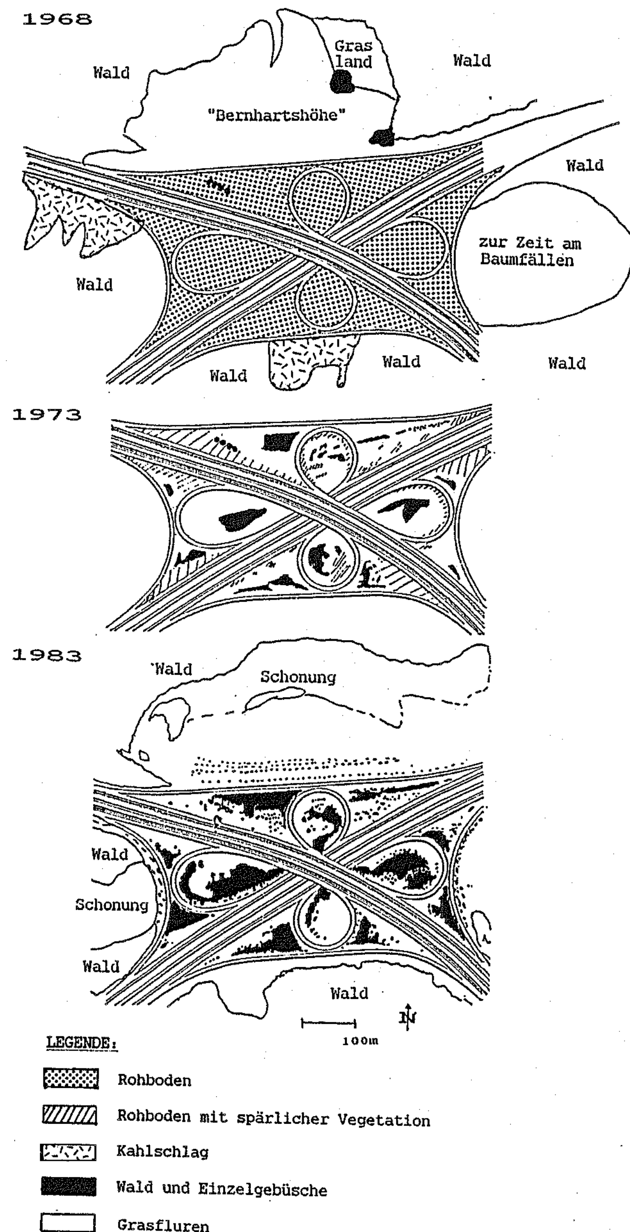


Abb. 2: Veränderung der Vegetationsstruktur von 1968 - 1983

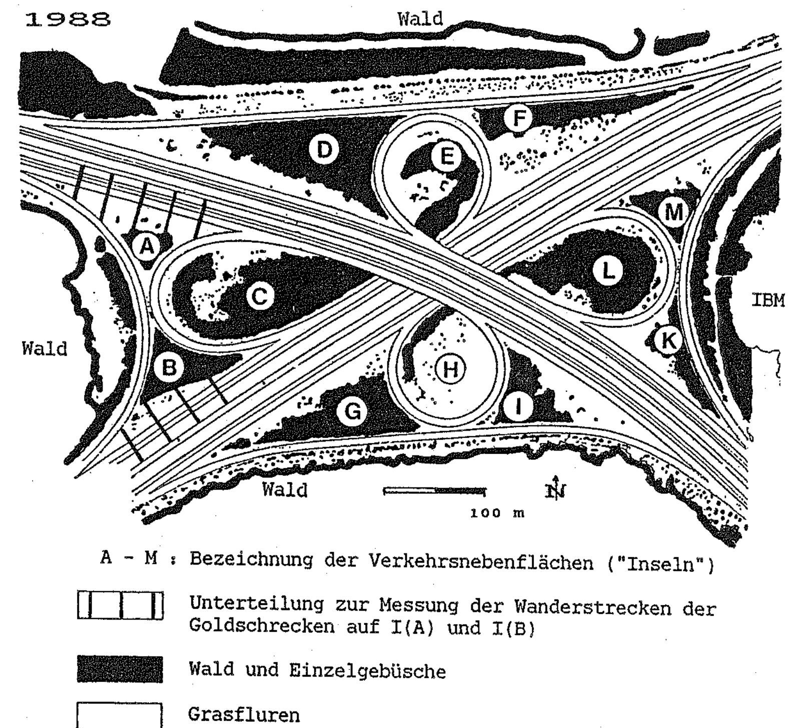


Abb. 3: Aktuelle Vegetationsstruktur auf dem Autobahnkreuz mit Bezeichnung der Verkehrsnebenflächen

Der Standortübungsplatz wurde nach Angaben von TISCHNER (1950) zum größten Teil erst nach 1945 entwaldet und als Schafweide, stellenweise auch zum Ackerbau genutzt. Es entstanden Bodenschäden durch Erosion, Auslaugung, Verheidung, Vernässung und Austrocknung. Das anschließende Befahren mit Panzern und Sprengungen führten zu Bodenverdichtungen und zur Ausbildung junger Sukzessionsstadien. Jedoch sind Hinweise auf eine frühere Existenz von Heiden vorhanden; nach Angaben von Ortskundigen existierten in den 30'er Jahren bereits große Offenlandbereiche.

Die Besiedlung der Untersuchungsflächen durch Heuschrecken (Verbreitungsanalyse)

Methode

12 Verkehrsnebenflächen und zwei Vergleichsflächen auf dem Standortübungsplatz Böblingen wurden jeweils in unmittelbarer Folge dreimal bei guten Witterungsbedingungen abgesucht (8.-15.7., 23.-29.8., 20.-24.9.1990). Zwischen diesen Bestandsaufnahmen wurde auf ausgewählten Flächen beobachtet, ob sich die Artenspektren änderten. Die nähere Umgebung des Autobahnkreuzes wurde nur im Juli und September bearbeitet.

Zur Erfassung des Artenspektrums der Krautschicht wurden sämtliche Offenlandbereiche der Inseln langsam in Schleifen mit einem Abstand von ungefähr 2 m begangen, wobei Tiere optisch und über ihre Lautäußerungen registriert wurden. Dornschrecken (Tetrigidae) wurden als Beifänge in Bodenfallen erfaßt.

Konnten bestimmte Arten auf einer Probefläche nicht nachgewiesen werden, so wurden sie nur dann als fehlend notiert, wenn sie vor und nach der Begehung auf anderen Probeflächen gut auffindbar waren. Andernfalls fand jeweils zur Hauptaktivitätszeit der betreffenden Art eine Nachsuche statt.

Zuverlässige Angaben über Vorkommenslücken können nur für Arten gemacht werden, die im Vergleich zum Lärmpegel der Autobahn laut singen oder durch Verhalten oder Größe ausreichend auffallen. Für Andere (z.B. *Tetrix*-Arten, *Meconema thalassinum*) können Erfassungslücken bestehen.

Für gut erfaßbare Heuschrecken werden relative Häufigkeiten (3 Klassen) angegeben, bei denen die individuenreichste Beobachtung auf einer Probefläche als jeweilige Obergrenze für die Art festgelegt wurde. Nur für die Große Goldschrecke (*Chrysochraon dispar*) und die Kleine Goldschrecke (*C. brachyptera*) wurden auf den Vergleichsflächen ein Isolationsquadrat (2 m^2) und auf fünf Inseln die Ergebnisse der 'Markierungs- und Wiederfangversuche' zu Populationsgrößenschätzungen verwendet.

Ergebnisse der Verbreitungsanalyse

Vergleich der Besiedlung der Probeflächen durch Heuschrecken

Tab. 2: Artenliste der Heuschrecken auf den Verkehrsnebenflächen und den Vergleichsflächen (ohne Gattung Tetrix)

ARTEN	U	WW	W	C	B	A	I	G	H	D	E	F	K	M	L
Barbitistes serricauda	X														
Leptophyes punctatissima	X														
Nemobius sylvestris	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phaneroptera falcata	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gomphocerus rufus	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chorthippus dorsatus	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chrysochraon brachyptera	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Omocestus viridulus	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Chrysochraon dispar	X	X	X	X	X	X	X	X	m	+	-	-	-	-	-
Chorthippus biguttulus	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chorthippus parallelus	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chorthippus brunneus	X	X	X	?	X	?	?	X	X	X	X	?	X	?	?
Metrioptera roeseli	X	X	X	-	-	X	X	X	m	X	X	X	X	-	-
Pholidoptera griseoaptera	X	X	X	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-
Tettigonia viridissima	X	X	X	-	-	-	-	-	m	X	X	X	X	X	X
ARTENZAHL	15	11	13	5	5	6	7	8	6	7	5	5	5	4	4

LEGENDE:

X = Population vorhanden
m = nur bis zur Mahd gefunden
+ = Einzelfunde
? = Erfassungsprobleme, aber Besiedelung wahrscheinlich
- = nachweisliche Verbreitungslücke

Fundorte:
A - M = Verkehrsnebenflächen ("Inseln") auf dem Autobahnkreuz Stuttgart
W, WW = Vergleichsflächen auf dem Standortübungsplatz Böblingen
U = Flächen in der nahen Umgebung des Autobahnkreuzes

Gegenüber den Vergleichsflächen sind die Inseln jeweils sehr artenarm. Die meisten Arten finden sich noch auf I(G), doch sind auch hier nur knapp 70 % des Artenspektrums von SÜ-W vorhanden.

Tab. 3: Funde von Arten der Gattung *Tetrix*, die v.a. in Bodenfallen nachgewiesen wurden:

	I(B)	I(E)	I(F)	SÜ-W	(SÜ-S)
T. undulata	X	X	X	X	X
T. tenuicornis	X	X	X	X	X
T. subulata	-	-	X	-	-
T. bipunctata	-	-	-	-	X

Die Arten der Gattung *Tetrix* werden im Folgenden nicht berücksichtigt, da nicht für alle Probeflächen Daten vorliegen.

Die Gemeine Sichelschrecke (*Phaneroptera falcata*) und die Rote Keulenschrecke (*Gomphocerus rufus*) kamen nur in den Vergleichsflächen und der Umgebung des Autobahnkreuzes vor, waren dort aber sehr häufig. Die Vergleichsflächen unterscheiden sich untereinander nur durch das Fehlen des Bunten Grashüpfers (*Omocestus viridulus*) auf SÜ-WW. In der Umgebung des Autobahnkreuzes wurden zusätzlich die Waldgrille (*Nemobius sylvestris*), die Laubholz-Säbelschrecke (*Barbitistes serricauda*) und die Punktierte Zartschrecke (*Leptophyes punctatissima*) gefunden.

Auf der Vergleichsfläche SÜ-W traten alle 10 Arten, die insgesamt auf dem Autobahnkreuz erfaßt werden konnten, gemeinsam und i.d.R. in deutlich höheren Abundanzen auf. Eine geringere Häufigkeit der Gewöhnlichen Strauchschrecke (*Pholidoptera griseoaptera*) ist durch den geringeren Gehölzanteil auf dieser Vergleichsfläche bedingt. Der euryöke Gemeine Grashüpfer (*Chorthippus parallelus*) scheint auf den Verkehrsnebenflächen gefördert zu werden. Die Kleine Goldschrecke trat auf allen von Wald umgebenen Flächen deutlich häufiger als die große Goldschrecke auf, auf dem Autobahnkreuz kehrte sich das Verhältnis um (von 5:1 in SÜ-W auf 1:12 in I(A)).

Die Große Goldschrecke (*Chrysochraon dispar*) und Rösels Beißschrecke (*Metrioptera roeseli*) traten auf dem Autobahnkreuz während einer deutlich kürzeren Zeitspanne als in den anderen Probeflächen auf (sie verschwanden auf den Verkehrsnebenflächen während der Trockenperiode im Hochsommer).

Der Gemeine Grashüpfer, der Nachtigall-Grashüpfer und wahrscheinlich auch der Braune Grashüpfer besiedeln alle geeigneten Flächen. Die ansonsten unterschiedlichen Artenspektren der Inseln lassen sich weder durch Standortbedingungen noch durch die Flächengröße oder -form erklären. Geeignete Lebensräume sind jeweils auch auf den unbesiedelten Inseln für alle Arten vorhanden. Die folgenden Karten der Vorkommen (Abb. 4) indizieren deutlich, daß die Besiedlung der Verkehrsnebenflächen vom Isolationsgrad durch die Straßen abhängt, die die Inseln von den potentiellen Ausbreitungszentren in der Umgebung trennen.

Die Besiedlung der Verkehrsnebenflächen entspricht dem Besiedlungspotential der Umgebung nur dann, wenn von der jeweiligen Art nicht die Autobahn überquert werden mußte. Diese Barriere verhindert für viele Arten die Besiedlung geeigneter Habitate seit mehr als 20 Jahren. Jedoch treten auch Vorkommenslücken bei Arten auf, die zur Besiedlung nur jeweils einen Zubringer überqueren müßten. Diese 10 m breiten und weniger befahrenen Straßen stellen artspezifisch offensichtlich unterschiedlich stark wirkende Barrieren dar.

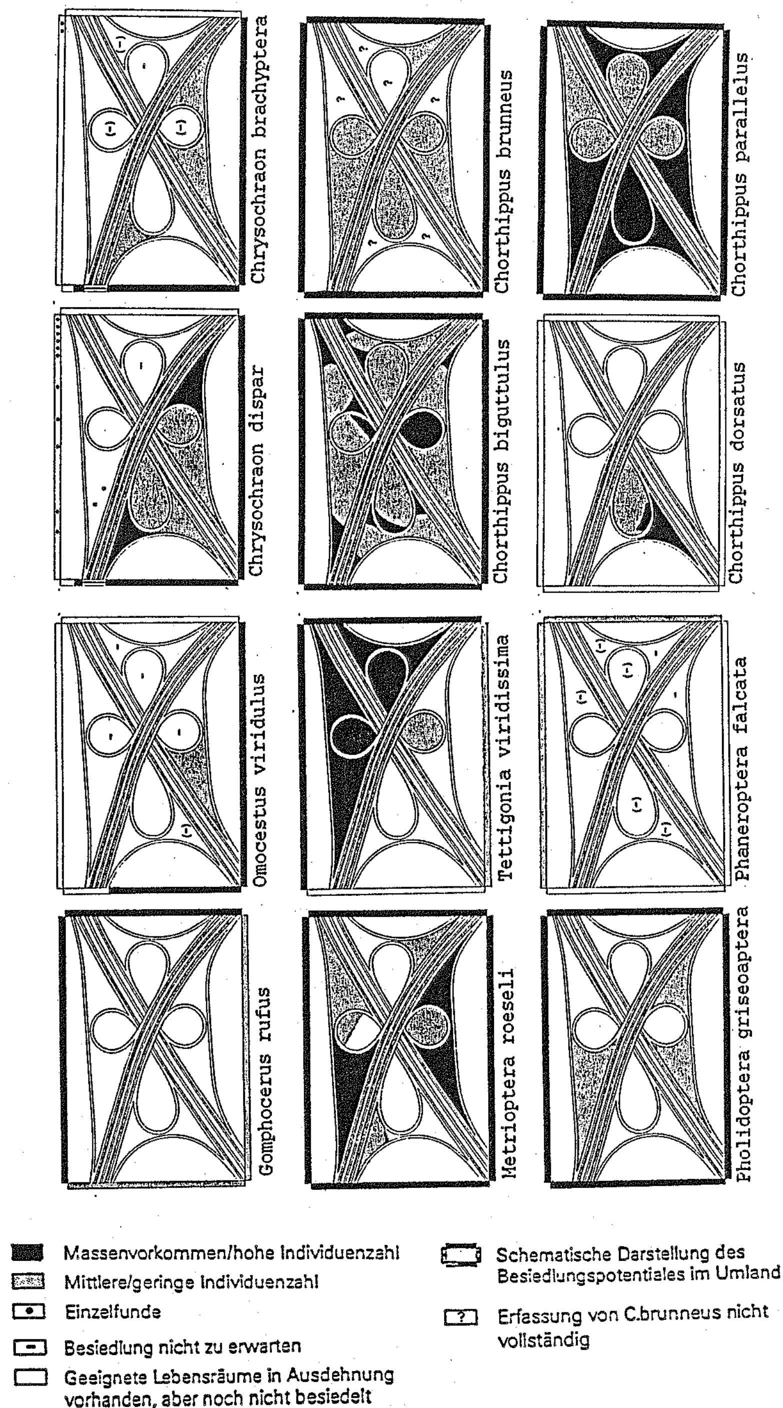
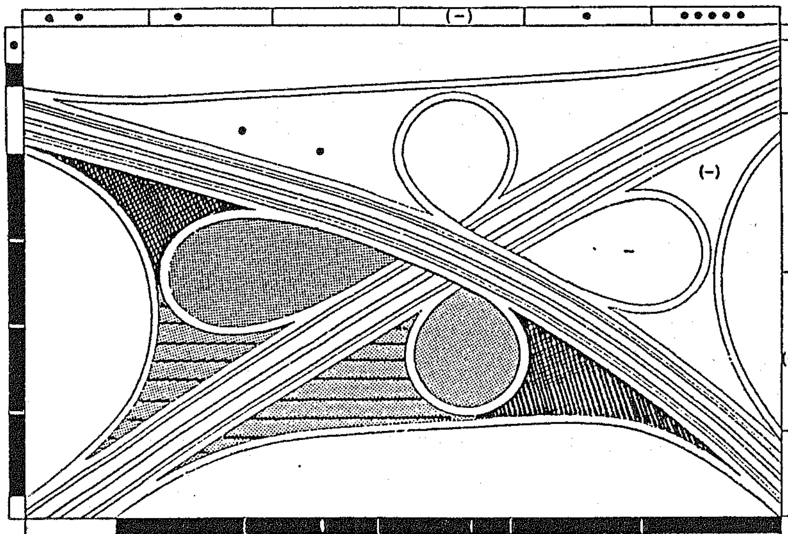


Abb. 4: Die Besiedlung der Verkehrsnebenflächen des Autobahnkreuzes Stuttgart und der näheren Umgebung. Der Vergleich der Verbreitungsmuster der Heuschreckenarten mit dem Besied-lungspotential in der Umgebung zeigt, daß es vielen Arten auch in Jahrzehnten nicht gelingt die Barriere Autobahn zu überwinden und geeignete Habitate dauerhaft zu besiedeln.

Zur vertiefenden Untersuchung der Isolationswirkung der Straßen wurde die Große Goldschrecke ausgewählt. Sie wird im Vergleich der gefundenen Arten durch die Straßen durchschnittlich beeinträchtigt (vgl. Abb. 4: Verteilung auf dem Autobahnkreuz) und verfügt über ein mittleres Ausbreitungsvermögen. Im Sindelfinger Forst besiedelte die Art Kahlschläge bereits im ersten Jahr (HERMANN, G. mündl.).

Ergebnisse zu Vorkommen und Habitatbindung der Großen Goldschrecke auf den Verkehrsinseln und in deren näherer Umgebung



Besiedelungspotential im Umland (schematisch)

Geeignete Lebensräume vorhanden, aber nicht besiedelt

– Besiedelung nicht zu erwarten

> 50 Individuen / 100 qm

31 – 50 Individuen / 100 qm

11 – 30 Individuen / 100 qm

1 – 10 Individuen / 100 qm

● Einzelfund

Abb. 5: Die Besiedlung der Flächen auf dem und um das Autobahnkreuz Stuttgart durch die Große Goldschrecke 24 Jahre nach dem Bau

In der näheren Umgebung des Autobahnkreuzes (ca. 2 km Umkreis) trat die Art südlich der A 8 auf jeder langgrasigen Waldlichtung und auf den Böschungen sehr häufig auf. Auf dieser Seite sind auch alle sechs Inseln besiedelt. Die Dichte-Unterschiede auf den Inseln des Autobahnkreuzes stimmen mit der Entfernung zur nächstgelegenen Population im Umland überein. Die Inseln I(C) und I(H), die durch jeweils zwei Autobahn-Zubringer von der Umgebung getrennt sind, weisen die geringsten Individuendichten auf.

In der Umgebung nördlich der A 8 kamen nur vereinzelt Individuen vor, da die größeren Offenlandbereiche (alte Erddeponien, Friedhof und Siedlungsbereich) kaum als Lebensraum für die Große Goldschrecke geeignet sind. Auf den Inseln nördlich der A 8 wurden entsprechend nur auf I(D) nach intensiver Suche zwei Männchen gefunden. Eine Population existiert dort nicht.

Mögliche Ursachen der Vorkommenslücken der Großen Goldschrecke:

Die Vegetationsstruktur gilt für Heuschrecken als ein wichtiger limitierender Faktor (OSCHMANN 1973). SÄNGER (1977) beschreibt für den Neusiedler See, daß die Große Goldschrecke stark vertikal orientiert ist und charakterisiert sie als Art dichter und hoher Pflanzenbestände. Während die Art im Norden Deutschlands an feuchte bis nasse Habitate gebunden zu sein scheint (MARTENS & GILLANDT 1984), tritt sie in Süddeutschland auch auf Waldlichtungen und Halbtrockenrasen auf (HARZ 1960, DETZEL 1991).

Auf dem Standortübungsplatz besiedelten die Imagines sowohl feuchtwarme Brachen als auch sehr trockene, versauerte Flächen, in denen hohe Gräser nur vereinzelt auftraten. In den verschiedenen Standortbedingungen und Vegetationstypen der besiedelten Flächen zeigt sich die insgesamt große ökologische Valenz der Art im Untersuchungsgebiet.

Nur für zwei Verkehrsnebenflächen ist eine ungeeignete Habitatqualität als Ursache für Vorkommenslücken nicht auszuschließen. Allerdings tritt die Art außerhalb des Autobahnkreuzes in ähnlichen Lebensräumen auf, die ebenfalls vom Optimal-Habitat der Art abweichen. I(M) wird mit Einschränkungen als besiedelbar betrachtet, da hier von allen Inseln am wenigsten Langgrasfluren ausgebildet sind und nicht ausgeschlossen werden kann, daß straßenbedingte Faktoren (Emissionen, Salz, Mahd der Straßenrandstreifen, Lärm, ...) nur im Optimalbiotop kompensiert werden können. Möglicherweise ist die Flächengröße auf I(L) ein limitierender Faktor, da die Offenlandbereiche hier überwiegend nur als schmales, straßenbegleitendes Band ausgebildet sind.

Nach RÖBER (1949) stellen mikroklimatische Bedingungen einen besonders wichtigen Faktor für die Biotopbindung von Heuschrecken dar. Der Straßenbelag bewirkt eine Temperaturerhöhung auch der angrenzenden Flächen, doch konnten in exemplarischen Mikroklimamessungen in der Vegetation nur Unterschiede zwischen der (besiedelten) trockenen Sandfläche SÜ-S und dem Autobahnkreuz, nicht aber zwischen Inseln beiderseits der A 8 ermittelt werden.

Nach HARZ (1960) und SÄNGER (1977) stellt die Substratspezifität hinsichtlich des Eiablageverhaltens für *C. dispar* einen stark habitatselektierenden Faktor dar. RAMME (1927) und HARZ (1960) beschreiben, daß nur Pflanzen mit markreichen Stengeln (bevorzugt *Rubus, Thypha, Solidago, Angelica* sowie andere Doldenblütler) und morsche Baumstümpfe angenommen werden. SÄNGER (1977) hält *Artemisia campestris* für geeignet. Das Weibchen wählt hierzu meist abgestorbene, umgeknickte Triebe (BELLMANN 1985).

Da diese Pflanzen (auch auf den besiedelten Inseln des Autobahnkreuzes) nicht immer vorkamen, wurden 20 begatteten Weibchen im Terrarium abgeschnittene, frische Stengel von 13 Pflanzenarten angeboten. Schon nach kurzer Zeit wurden alle markhaltigen Stengel belegt, zum Teil sogar mit mehreren Ootheken. Die Liste der zur Eiablage geeigneten Pflanzen kann um folgende Arten erweitert werden:

- *Juncus conglomeratus* (Knäuel-Binse)
- *Juncus inflexus* (Blaugrüne Binse)
- *Cirsium palustre* (Sumpf-Kratzdistel)
- *Cirsium arvense* (Acker-Kratzdistel)
- *Cirsium vulgare* (Gewöhnliche Kratzdistel)

Auf keiner Insel des Autobahnkreuzes fehlen alle fünf Pflanzenarten, meist kommen sie gemeinsam vor. Das bedeutet, daß Vorkommenslücken auch nicht auf mangelnde Eiablagesubstrate zurückzuführen sind. RAMME (1927) beobachtete in Laborversuchen eine erfolgreiche Eiablage nur, wenn die Stengel beschädigt und das Mark frei zugänglich war. Im natürlichen Lebensraum wird dieser Zustand an frischen Pflanzen großteils durch Wildverbiß und Tritt erzeugt. Trittschäden entstehen z.B. durch Wildschweine, deren Fernwanderroute über das Autobahnkreuz zieht [Mitteilung des Oberförsters und eigene Beobachtung von Spuren und Wildschwein-Losung auf I(G)]. Ein anthropogener Einfluß erfolgt durch Fahrzeuge, die von der Fahrbahn abkommen. Da die Große Goldschrecke im natürlichen Habitat evtl. keine unbeschädigten Stengel zur Eiablage nutzen kann, kommt die größte Bedeutung für die Arterhaltung abgestorbenen Pflanzenteilen zu (Altgrasbestände, die noch weitere zwei Jahre erhalten bleiben müssen). Fünfjähriger Kiefernanflug deutet auch auf den unbesiedelten Inseln auf ein geeignetes Strukturangebot in der Vergangenheit hin.

Somit kommt keiner der o.g. habitatselektierenden Faktoren als Ursache für das Fehlen von Populationen der Art auf den Inseln (D), (E), (F) und (K) in Frage. Die Besiedelbarkeit von I(M) und I(L) könnten durch synergistische Wirkungen der straßenbedingten Faktoren eingeschränkt sein.

Die habitatselektierenden Faktoren treten aber in der Umgebung nördlich der A 8 auf. So haben nur die Inseln südlich der A 8 ein Besiedlungspotential. Zur Besiedlung der nördlich gelegenen Flächen müßte die Autobahn überquert werden. Ihre Barrierewirkung ist die einzig mögliche Ursache für die beobachteten Vorkommenslücken.

Die Große Goldschrecke ist i.d.R. flugunfähig. Während der Untersuchung wurde neben mehr als 1.000 beobachteten kurzflügeligen Exemplaren lediglich ein langflügeliges Männchen gefunden.

Um den Einfluß der Straßen auf das Ausbreitungsvermögen der Art zu messen, wurde die Wanderhäufigkeit durch ein Markierungsexperiment ermittelt.

Markierung und Wiederfang der Großen- und Kleinen Goldschrecke zum Nachweis der Isolationswirkung von Straßen

Methode

In der Zeit vom 26.6. bis 27.7.1990 wurden Imagines der Großen- und Kleinen Goldschrecke (*C. dispar* und *C. brachyptera*) mit Lackmalstiften markiert (diese hatten sich in Vorversuchen als am besten geeignet erwiesen). Dazu wurden auf Halsschild und Kopf an 2-9 definierten Stellen mit verschiedenen Farben Punkte-Codes aufgetragen.

Um zu klären, wie häufig die Goldschrecken

- über Autobahnen
- über Zubringer
- auf einem Grünstreifen, der Inseln verbindet, und
- innerhalb zusammenhängender Gebiete

wandern, wurde auf fünf Inseln (A, B, C, D, G) (s. Abb. 3) markiert und alle 12 Inseln (auch diejenigen ohne Vorkommen von Goldschrecken) wurden bei gutem Wetter gründlich nach einwandernden Tieren abgesucht. Jeder Durchgang dauerte dabei zumindest 5 Tage.

Die ungemähten Offenlandbereiche von I(A) und I(B), die durch einen sich auf 1,5 m verengenden Grünstreifen verbunden sind, wurden zur Ermittlung der Wanderaktivität im typischen Lebensraum in 40 m breite Abschnitte unterteilt. Dies ergab für I(A) vier und für I(B) drei Bereiche, sowie die an den Enden angrenzenden, gemähten Randbereiche. Die Wanderentfernungen wurden vom Zentrum der jeweiligen Teilfläche aus berechnet.

Daten von Tieren, die mehr als zweimal gefangen wurden, wurden in der Auswertung der Wanderhäufigkeiten nicht zusammengefasst. Hieraus ableitbare Ergebnisse werden gesondert beschrieben.

Auf I(A) und I(B) diente der Erste von fünf Fängen ausschließlich der Markierung. die Inseln I(C), I(D) und I(G) wurden viermal als Spender- und Empfängerfläche bearbeitet. Die restlichen sieben Inseln (die nur als Empfängerflächen dienten) sowie die nähere Umgebung wurden einmal abgesucht.

Populationsgröße

Die Voraussetzungen zur Schätzung der Populationsgrößen nach der Wiederfangmethode (MÜHLENBERG 1989) waren erfüllt, sie wurden als Index nach LINCOLN & PETERSEN berechnet:

$$N = \frac{MxC}{R}$$

N = Geschätzte Zahl der Individuen der Gesamtpopulation
M = Gesamtzahl der Markierten Tiere nach dem 1. Fang
C = Gesamtzahl der gefangenen Tiere beim 2.Fang
R = Anzahl der beim 2. Fang markiert wiedergefangenen Tiere

Ergebnisse von Markierung und Wiederfang bei der Großen Goldschrecke (*Chrysochraon dispar*)

Tab. 4: Populationsgrößenschätzung nach der Wiederfangmethode, Dichte und Fundhäufigkeit

		Männchen	Weibchen	
I(A)	Populationsgröße	240	335	
	Dichte / 100 qm	16	22	
	Markierte Individuen	230	297	
	Wiedergefangene Individuen	120 (52%)	158 (53%)	
	Daten der Wiederfänge	185	233	
I(B)	Populationsgröße	143	121	
	Dichte / 100 qm	16	13	
	Markierte Individuen	145	140	
	Wiedergefangene Individuen	68 (47%)	55 (39%)	
	Daten der Wiederfänge	99	99	
I(C)	Populationsgröße	55	71	
	Dichte / 100 qm	1,7	2,1	
	Markierte Individuen	40	51	
I(G)	Populationsgröße	63	35	
	Dichte / 100 qm	4,7	2,6	
	Markierte Individuen	55	31	
I(D)	Markierte Individuen	2	--	
Summe markierter Individuen		472	519	= 991
Summe der Daten von *C. dispar*		781	875	= 1656

(Von I(A) und I(B) werden ausführlichere Ergebnisse dargestellt, da von diesen das Wanderverhalten im natürlichen Habitat abgeleitet wird)

Zur Schätzung der Populationsgrößen wurde der Median (Mittelwert ohne äußere Extreme, bei Verdacht auf Ausreißer) durch die Größe der ungemähten Fläche geteilt und als Individuen pro 100 qm ungemähter Offenlandfläche angegeben.

Auffallend ist das unterschiedliche Geschlechterverhältnis. So überwogen auf I(A) die Weibchen, auf I(B) die Männchen. Auf I(A), von der die Wanderleistung abgeleitet wird, betrug beim letzten Fang der Anteil der Markierten rund 70 % der gefangenen Großen Goldschrecken. Bei allen anderen Inseln liegen höhere "Erfassungsgrade" vor.

Qualitative Ergebnisse

Die folgenden Ergebnisse wurden von häufig gefangenen Tieren und weiteren Beobachtungen nach Abschluß der Haupt-Untersuchungsphase abgeleitet

Es wurden Männchen und Weibchen gefunden, die mehr als zehn Wochen zuvor markiert worden waren.

Drei Männchen und zwei Weibchen wanderten in weniger als drei Stunden ca. 80 m. Ein weiteres Männchen legte in weniger als vier Stunden ca. 120 m zurück. Die Tiere können also auch über längere Strecken relativ schnell wandern. Nachdem Zubringer erfolgreich überquert wurden, liefen die Tiere noch weite Strecken bis zur nächsten Barriere (Autobahn, Wald).

Für 11 Tiere ist aus aufeinanderfolgenden Fängen nachvollziehbar, daß sie wieder umkehrten. Diese Zahl ist zwar absolut gesehen recht gering, doch konnten nur bei 17 Tieren mindestens zwei Wiederfänge in jeweils verschiedenen Teilflächen beobachtet werden.
Wanderungen, bei denen ein Richtungswechsel zwischen den Erfassungen erfolgte, sind ansonsten nicht in die maximale Entfernungsklasse einer Insel eingegangen. Befand sich der erste Fund in einer mittleren Teilfläche, so kann durch die Versuchsbedingungen nicht einmal die Insellänge als Wanderleistung belegt werden. Daher lassen nur Daten aus den äußeren Teilflächen einer Insel Schlüsse auf das Ausbreitungsvermögen zu. Legt man die an Einzeltieren beobachtete Wandergeschwindigkeit zugrunde, so ist von einem insgesamt sehr hohen Anteil von 'Umkehrern' auszugehen.

Die Wanderleistungen in den von uns untersuchten, von Straßen umgebenen Lebensräumen können nicht die Verhältnisse im natürlichen Habitat zeigen, da (wie sich herausstellte) die Inseln nicht lang genug sind, um dem maximalen Aktionsradius einzelner Tiere zu entsprechen. Die erhobenen Daten stellen nur Mindestentfernungen dar. Trotz dieser Einschränkung war es sinnvoller, die Wanderungen innerhalb einer Insel, anstelle nicht isolierter Vergleichsflächen zur Erfassung der Wanderleistung heranzuziehen, da das Wanderverhalten scheinbar von der Individuendichte abhängt. Erhebungen außerhalb der Inseln wären nicht vergleichbar, da die Art in der Umgebung in größerer Dichte als auf dem Autobahnkreuz auftritt. Außerdem muß in Betracht gezogen werden, daß nicht die absolute Dichte, sondern die Kapazitätsgrenze einer Fläche entscheidend auf das Wanderverhalten einwirkt.

35 Tiere wurden nach einem Ortswechsel mindestens noch ein weiteres Mal wiederg efangen. 19 von diesen 35 wurden nach dem 1. Ortswechsel wieder in der Ausgangsfläche gefunden (Männchen 11/21 = 52 %, Weibchen 8/14 = 57 %).

Eine bevorzugte Wanderrichtung war weder auf I(A), noch auf I(B) festzustellen. Wanderungen in die gemähten Straßenrandstreifen wurden sehr selten beobachtet. Weil die Langgrasbewohner in diesem untypischen Lebensraum nicht so lange verweilen, sind die Fundchancen wesentlich geringer als in den ungemähten Bereichen oder diese Bereiche werden viel seltener von den Goldschrecken aufgesucht.

Quantitative Ergebnisse zum Wanderverhalten

In den Tabellen und Abbildungen stehen die Abkürzungen 'ZUB' für Zubringerbreite und 'BAB' für die Breite der Autobahnen am Kreuz. Der Vergleich soll unter folgenden Voraussetzungen geschehen:

	Straßen-breite	+	Mähstreifen	=	Hindernis-breite
ZUB =	10 m	+	2 x 5 m	=	20 m
BAB =	50 m	+	2 x 5 m	=	60 m

Wanderleistungen

Zur Beschreibung des Wanderverhaltens sind aufgrund der Versuchsbedingungen (relative Lage, unterschiedliche Zahl von Teilflächen) nur Beobachtungen geeignet, die von den äußeren Teilflächen einer Insel ausgingen (s. Abb. 6). Die Summe der Inseldaten ist aber eine Möglichkeit, zwischen Beobachtungen von I(A) und I(B) zu 'vergleichen'.

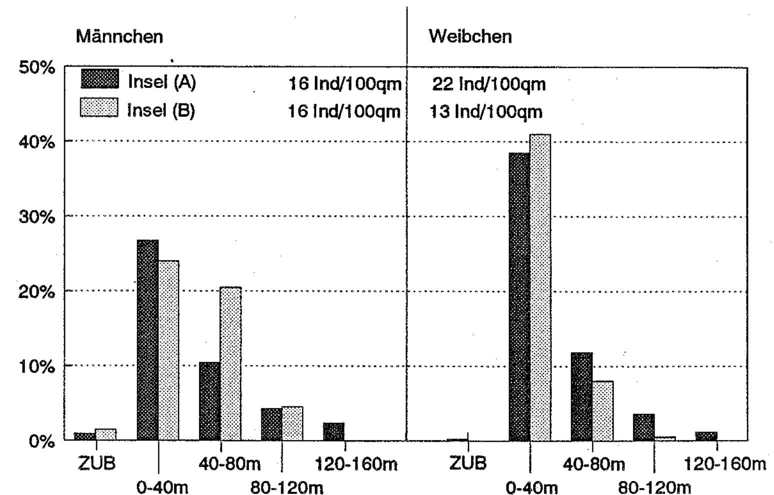


Abb. 6: Wanderverhalten auf verschiedenen Inseln

Auf I(A) sind die Weibchen und auf I(B) die Männchen "mobiler". Dieser Sachverhalt kann aufgrund der Populationsgrößenberechnungen erklärt werden. Auf I(B) überwiegen die Männchen, auf I(A) die Weibchen. Bezogen auf die Fläche bedeutet dies eine jeweils höhere Dichte, durch die anscheinend ein höherer Wanderdruck entsteht; d.h. beide Geschlechter der Großen Goldschrecke wandern um so häufiger, je größer ihre jeweilige Dichte ist.

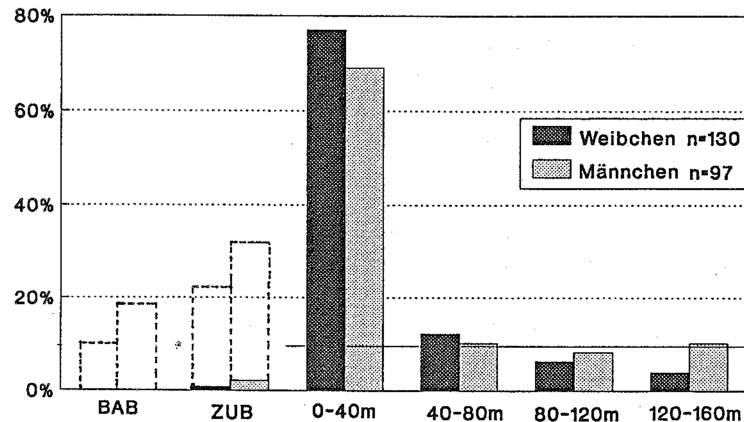


Abb. 7: Wanderverhalten der Großen Goldschrecke (*C. dispar*) auf Insel I(A) (äußere Teilflächen), im Vergleich mit entsprechenden Straßenbreiten

Über die Häufigkeiten der Straßenüberquerer wurden gestrichelt die Summen der Häufigkeiten vergleichbarer Wanderentfernungen im Lebensraum der Art eingetragen. Die Zubringer ('ZUB') wurden den Entfernungsklassen '>40 m', die Autobahnen denen '>80 m' gegenübergestellt.

Bei beiden Geschlechtern überwiegen 'ortstreue' Heuschrecken, für die keine Wanderungen weiter als 40 m nachgewiesen wurden. Hervorzuheben ist, daß nur ein Weibchen einen Zubringer überquerte. Dieses kam von Insel I(A), auf der eine etwa doppelt so große Population der Großen Goldschrecke gefunden wurde wie auf I(B) und auf der die Weibchen deutlich überwogen.

Die Männchen legen häufiger weite Entfernungen zurück als die Weibchen.

Die gleichmäßige Verteilung der zurückgelegten Wanderstrecken (bei den Männchen) bedeutet, daß innerhalb der Insellänge von 160 m die Leistungsgrenze der Großen Goldschrecke noch nicht erreicht ist, sondern daß diese Entfernung innerhalb der durchschnittlichen Wanderstrecken dieser Art liegt. Heuschrecken, die am Ende einer Insel umkehren, werden dabei zufällig irgendwo gefunden. Sie werden mit der gleichen Wahrscheinlichkeit in der Teilfläche gefunden, in der sie auch zuvor markiert wurden, wie in jeder anderen. Das bedeutet, daß ca. 10 % der Tiere der Entfernungsklasse '0-40 m' genauso zu den Wanderern gehören, aber nur zufällig in der Ausgangsfläche wiedergefunden wurden (waagrechte Linie in Abb. 7). Der Anteil der tatsächlich 'Ortstreuen', für die keine Wanderungen über eine Entfernung von mehr als 40 m nachgewiesen wurden, beträgt bei den Männchen somit 60 % (in Abb. 7 wurde jedoch nur der Anteil der tatsächlich nachgewiesenen Wanderhäufigkeiten als gestrichelter Erwartungswert aufgetragen). Bei den Weibchen nimmt die Wanderhäufigkeit mit der Entfernung ab, so daß eine Extrapolation nicht sinnvoll erscheint.

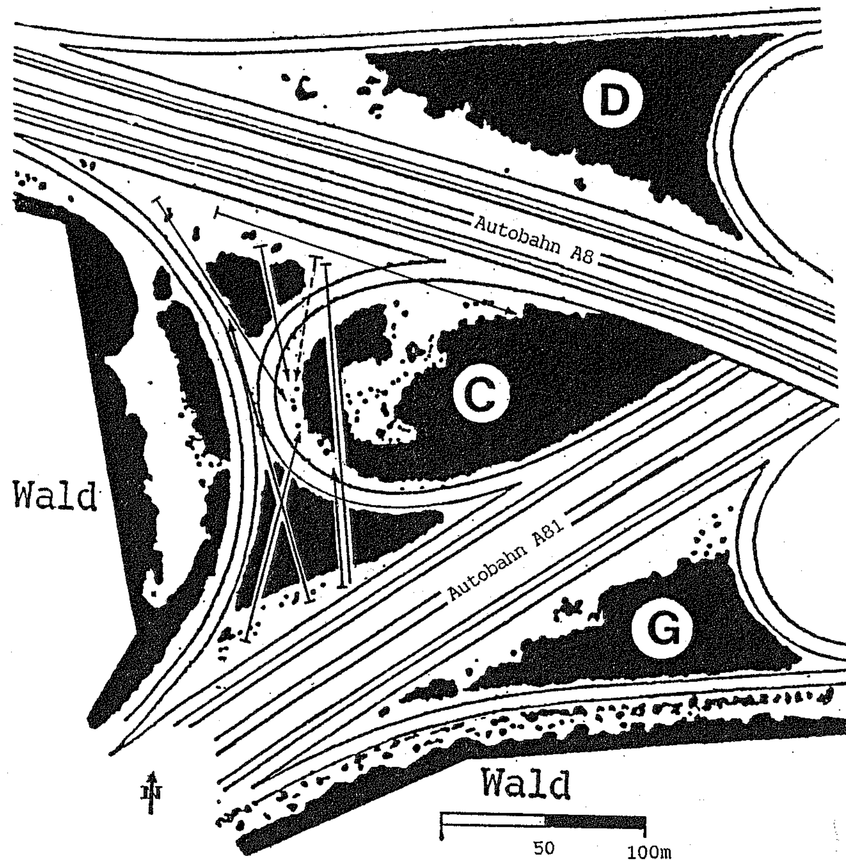
Wanderungen über die Autobahn wurden nicht festgestellt.

Die Straßen beeinträchtigen die Wanderungen der Heuschrecken. Vergleichbare Entfernungen werden im typischen Lebensraum wesentlich häufiger zurückgelegt. Die Zubringer mit 10 m asphaltierter Breite und zwei 5 m breiten, gemähten Randstreifen stellen (besonders für die Weibchen) schon ein wesentlich größeres Hindernis dar, als 120 m im ungemähten Grasland der Inseln. Die zuerwartenden Autobahnüberquerer können mit den Wanderern der Inseln I(A), I(B), I(D) und I(G) verglichen werden.

Für die Weibchen wurde mit zunehmender Entfernung eine geringere Wanderhäufigkeit ermittelt (s. Abb. 7). Da die straßenparallelen Offenlandflächen 60 -100 m voneinander entfernt sind, dürfen nur die Wanderhäufigkeiten '80 -120 m' und '120 -160 m' in den Vergleich einbezogen werden (Summe = 11 %). Auf den zu Inseln I(B) und I(G) wurden 340 Weibchen wiedergefangen. Somit wären aus dem ermittelten Wanderverhalten (entsprechend der Erfassungsintensität) 36 Überquerungen zu erwarten.

Von den Männchen (306 Wiederfunde) könnten nach diesem Rechenmodus 19 % die trennende Entfernung überwinden. Es wären 58 Autobahnüberquerungen zu erwarten. Insgesamt ist von 40 % der männlichen Tiere auszugehen, die entsprechende Entfernungen zurücklegen (umkehrende Tiere, vgl. Abb. 9 und Text), dann wären 122 Männchen als Autobahnüberquerer zu erwarten.

Aus diesen Zahlen wird deutlich, daß die Erfassungsintensität ausreichend hoch war, um mögliche Autobahnüberquerungen zu beobachten. Sie stellen aber kein Maß für die absolute Wanderhemmung der Großen Goldschrecke dar, da keine Autobahn erfolgreich überquert wurde. Hier bleibt 'nur' die qualitative Aussage, daß die A 8 seit 24 Jahren die Besiedlung geeigneter Lebensräume verhinderte.



LEGENDE

(dargestellt sind die Wanderungen in andere Inseln während der Phase der quantitativen Beobachtung; außerhalb dieses Zeitraumes wurde eine weitere Wanderung durch ein männliches Tier beobachtet)

- - -→ Weibchen
——→ Männchen

Abb. 8: Schematische Darstellung der Wanderungen in andere Inseln

Ergebnisse von Markierung und Wiederfang bei der Kleinen Goldschrecke (*Chrysochraon brachyptera*)

Die Kleine Goldschrecke wurde gleichzeitig mit der Großen Goldschrecke markiert, es gelten dieselben methodischen Anmerkungen. Sie tritt nur auf I(A), I(G) und I(I) in einer sehr kleinen Population auf (s. Abb. 5). Auch bei dieser Art sind keine natürlichen habitatselektierenden Faktoren für die Vorkommenslücken verantwortlich zu machen.

Tab. 5: Übersicht der Markierungsergebnisse für *Chrysochraon brachyptera*

	Männchen	Weibchen	
Populationsgröße I(G): Populationsgröße I(A):	41 ± 16 16 ± 5	20 ± 3 33 ± 6	≈ 60 ≈ 50
Summe der Wiederfunddaten:	77	100	= 177
auf I(A):			
Markierte Individuen:	19	26	= 45
Wiederfunddaten: 0 - 40 m 40 - 80 m 80 - 120 m 120 - 160 m ZUB BAB	 21 (88%) 2 (8%) 1 (4%) --------- --------- ---------	 41 (95%) 1 (2%) 1 (2%) --------- --------- ---------	 = 62 (93%) = 3 (4%) = 2 (3%)
Erfassungsgrad:	90%		

Im Vergleich mit der Großen Goldschrecke ist die Kleine Goldschrecke auf dieser Insel und in dieser geringen Dichte wesentlich ortstreuer und legt seltener weite Strecken zurück. Wahrscheinlich ist auch hier die geringe Populationsgröße (von der kaum ein Wanderdruck ausgeht) dafür verantwortlich, daß nicht einmal die vollständige Länge des ungemähten Bereichs der Insel zurückgelegt, geschweige denn ein Zubringer oder gar die Autobahn überwunden wurde.

Diskussion

Der Vergleich der Heuschreckenzönose der Straßenbegleitflächen mit denen der straßenfernen Lebensräume zeigt starke straßenbedingte Beeinträchtigungen der Artengemeinschaften auf. Der Faktorenkomplex Straße bewirkt eine deutliche Artenverarmung und Veränderungen in der Dominanzstruktur. So kehren sich die Häufigkeitsverhältnisse bei Großer und Kleiner Goldschrecke in extremem Maße um. Während die meisten Arten auf den Inseln in geringeren Individuendichten als in den Vergleichsflächen auftreten, wird die euryöke Art *C. parallelus* dagegen gefördert.

Die Ursachen (anlage- und betriebsbedingte Isolationswirkung, Beeinträchtigung der Habitatqualität durch Pflegemaßnahmen, unzureichende Möglichkeiten zum Habitatwechsel, erhöhte Mortalität, stoffliche Belastung) lassen sich beim gewählten Versuchsansatz nicht trennen. Synergismen sind zu vermuten, wobei der Trennwirkung von Straßen der größte Einfluß auf die Besiedlung der Straßenbegleitflächen des Vaihinger Kreuzes zukommt.

Isolation

Keine der untersuchten Heuschreckenarten fehlt in geeigneten Habitaten der Umgebung. Auf den Verkehrsinseln konnten dagegen nur Arten gefunden werden, die nicht gezwungen waren, zur Besiedlung Autobahnen zu überqueren; darüber hinaus weisen die einzelnen Inseln weitere Artenfehlbeträge auf. *Gomphocerus rufus*, die im Raum Sindelfingen sehr häufig an Straßenrändern siedelt, konnte auf den Verkehrsinseln nicht nachgewiesen werden [Anm.: diese Art wurde inzwischen versuchsweise auf einer der Inseln ausgesetzt]. 'Inseln', die durch zwei Zubringer vom Umland getrennt sind, haben höhere Artenfehlbeträge (im Durchschnitt 1 Art weniger) als Flächen, die nur durch einen Zubringer isoliert sind. Nur eine Art (*Chorthippus dorsatus*) tritt auf den Inseln auf, nicht aber im unmittelbaren Umland. Seit dem Bau des Autobahnkreuzes hat sich aber das Umland verändert, ihre Lebensräume (offene Wiesenauen) wurden aufgeforstet, die Schlagfluren sind wieder zugewachsen bzw. überbaut.

Die Beobachtungen zum Wanderverhalten der Großen Goldschrecke zeigen, daß die Isolationswirkung der Autobahn Hauptfaktor für die unvollständige Besiedlung der Verkehrsnebenflächen ist. Außerhalb des Autobahnkreuzes trat die Große Goldschrecke habitatbedingt nur südlich der A 8 in großen Dichten auf, auf dieser Seite waren alle Inseln besiedelt. Nördlich der A 8 lag das nächste Vorkommen mit hoher Individuendichte, aber als insgesamt kleine Population, ca. 1 km vom Autobahnkreuz entfernt.

Verluste

Individuenverluste sind möglicherweise ausschlaggebend für die absolute Barrierewirkung durch die Autobahn bei der Großen Goldschrecke (vgl. die Verteilung an der Brücke), aber keinesfalls einziges Hemmnis, denn vor 20 Jahren war das Verkehrsaufkommen deutlich niedriger (weniger als ein Drittel des heutigen) und auch die Zubringer haben hohe Hinderniswirkung. MADER (1981) stellt das Unfallrisiko in Abhängigkeit von der Laufgeschwindigkeit von Tieren dar. Bei 1.500 Kfz/h und einer Wandergeschwindigkeit von weniger als 12 cm/sec wären 100 % Verluste zu erwarten (vgl. 114.000 Kfz/d auf der A 8).

Tierverluste durch den Straßenverkehr können für die geringen Individuendichten auf den Verkehrsinseln mitverantwortlich sein. HEUSINGER (1988) berechnet an 'gering frequentierten' Nebenstrecken für kleine (allerdings zur Straße hin hängige) Areale unter 0,5 ha, Verlustquoten von mehr als einem Drittel der Heuschreckenbestände.

Verluste treten auch bei der 'Pflege' der Verkehrsnebenflächen auf. Nach der fast vollständigen Mahd von I (H) 1990 konnten nur noch *Chorthippus parallelus, C. biguttulus* und *C. brunneus* nachgewiesen werden. Besonders stark ist *C. dispar* betroffen, deren Eiablagesubstrate durch die Mahd zerstört werden. Insel I (H) wurde z.B. auch 1988,jedoch nicht ganz vollständig gemäht. Dies kann Ursache der geringen Individuendichte (vor der Mahd) 1990 gewesen sein.

Unzureichender Lebensraum

Der Einfluß der stofflichen Belastung auf die Individuendichte der Heuschrecken kann nicht abgeschätzt werden. Indiz für eine starke Belastung durch Stäube und andere Immissionen war die auffallende Schwärzung der Futterpflanzen. Für *Metrioptera roeseli* konnte beobachtet werden, daß die Populationen auf den Verkehrsinseln mit Beginn der Trockenperiode im Sommer verschwanden. Ein in nicht isolierten Lebensräumen mögliches witterungsbedingtes Ausweichen am Feuchtegradienten war auf den Verkehrsnebenflächen unmöglich.

Einfluß der Populationsdynamik auf die Verteilungsmuster der Arten

Da für viele Arten von natürlichen Prozessen des Erlöschens von Metapopulationen (innerhalb kurzer Zeiträume von 20-40 Jahren) und der NeuBesiedlung in einzelnen Lebensräumen ausgegangen werden kann (vgl. z.B. DEN BOER 1990), sind durch permanent gestiegene Fahrzeugfrequenz und Netzdichte Aussterbevorgänge in derzeit nicht prognostizierbarem Ausmaß in Gang gesetzt.Auf den Verkehrsinseln unterliegen die Populationen einem zusätzlich erhöhten Risiko des Erlöschens.

Aufgrund der eindeutig starken Isolationswirkung muß von sehr eigenständigen Populationen im Bereich ihrer Minimalareale ausgegangen werden (zur Größenordnung vgl. REMMERT 1980, HEYDEMANN 1981, MÜHLENBERG et al. 1991). Diese haben eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit als unbelastete Populationen:

- erhöhte Mortalität (Verkehrsopfer),
- höhere Belastung (Schadstoffe),
- höhere Gefährdung durch Zufallsereignisse (Pflegemaßnahmen) und geringere Möglichkeit zum Ausweichen
- bei extremen Klimasituationen kaum Möglichkeiten zur Wanderung am Standortgradienten (z.B. sank die Individuenzahl im trockenen Sommer 1990 bei der Großen Goldschrecke (*Chrysochraon dispar*) auf den Inseln schneller als in der Umgebung, die Populationen von Rösels Beißschrecke (*Metrioptera roeseli*) verschwanden kurze Zeit nach Beginn einer längeren Trockenperiode).

Dank

Frau C. Himmer und Frau S. Reck danken wir für ihre Unterstützung und die Hilfe beim Bearbeiten des Manuskriptes. M. Weiß, S. Krebs, A. Bettinger und S. Mörsdorf halfen uns mit der vegetationskundlichen Begutachtung der Untersuchungsflächen. Dr. P. Detzel danken wir für die Überlassung des Isolationsquadrates, Ihm sowie Frau H. Kleinert zusätzlich für die Durchsicht des Manuskriptes. Ohne die Vergabe der Untersuchungen durch das Bundesministerium für Verkehr und durch Prof. Dr. G. Kaule wäre die Arbeit nicht möglich gewesen.

Ganz besonders bedanken möchten wir uns bei Frau R. Walter für ihre umfangreiche Mitarbeit bei den Felderhebungen, Recherchen und der Herstellung der Abbildungen und bei J. Trautner für die kritische Durchsicht und wertvolle Anregungen zum Manuskript.

Verfasser

Jörg Rietze
Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung
Im Weiher 8
D-7024 Filderstadt

Heinrich Reck
Institut für Landschaftsplanung
der Universität Stuttgart
Keplerstraße 11
D-7000 Stuttgart 1

Literatur

BAY, F., RODI, D. (1990): Wirksamkeitsuntersuchungen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Straßenbau - dargestellt am Beispiel der B 29, Lorcher Baggerseen. Schlußbericht zum Forschungsvorhaben FE 02.131 R88L; Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNERN, Oberste Baubehörde (1987): Neue Lebensräume für Pflanzen und Tiere - Biotopgestaltung an Straßen und Gewässern. Broschüre, München, 84 S.

BELLMANN, H. (1985): Heuschrecken, beobachten, bestimmen. Melsungen (Neumann-Neudamm), 216 S.

BETTINGER, A., MÖRSDORF, S. (1990): Standörtliche Charakterisierung von Verkehrsinseln am 'Vaihinger Kreuz' sowie Vergleichsflächen. Gutachten im Auftrag der Universität Stuttgart, Institut für Landschaftsplanung: (unveröff.), 28 S.

BOER, DEN P.J. (1990): Density limits and survival of local populations in 64 carabid species with different powers of dispersal - J. evol. Biol. 3: 19-48.

BRÜCKNER, CHATTOPADHYAY, GMINDER (1988): Kartierung geschützter Pflanzen auf der Gemarkung der Stadt Stuttgart. Arbeitspapier, 2 S.

DETZEL, P. (1991): Ökofaunistische Analyse der Heuschreckenfauna Baden-Württembergs (Orthoptera). Dissertation, Fak. Biol. Universität Tübingen, 365 S.

ELLENBERG, H., MÜLLER, K., STOTTELE, T. (1981): Staßen-Ökologie; Auswirkungen von Autobahnen und Straßen auf Ökosysteme deutscher Landschaften. Broschüren-Reihe Deutsche Straßenliga, Bonn, 3: 19-122.

HARZ, K. (1960): Geradflügler oder Orthopteren. In: Die Tierwelt Deutschlands, 46, Jena (Gustav Fischer), 232 S.

HEUSINGER, G. (1988): Heuschreckenschutz im Rahmen des Bayerischen Arten- und Biotopschutzprogrammes - Erläuterungen am Beispiel des Landkreises Weißenburg-Gunzenhausen - Schr.-Reihe Bayer. Landesamt Umweltsch., 83: 7-31.

HEYDEMANN, B. (1981): Zur Frage der Flächengröße von Biotopbeständen für den Arten- und Ökosystemschutz - Jb. Nat.sch. Landsch.pfl. 31, Bonn

HÖLZINGER, J. (1981): Die Vögel Baden-Württembergs. Folienkarten. Avifauna Bad.-Württ., 4: 1-66 + 36 Folienkarten.

KORN, H., PITZKE, C. (1988): Stellen Straßen eine Ausbreitungs-Barriere für Kleinsäuger dar? - Ber. Akad. Nat.sch. Laufen 12: 189-195.

MADER, H.-J. (1981): Der Konflikt Straße-Tierwelt aus ökologischer Sicht - Schr.-Reihe Landsch.pfl. Nat.schutz 22, 99 S.

MADER, H.J. (1987): Straßenränder, Verkehrsnebenflächen - Elemente eines Biotopverbundsystems? - Natur und Landschaft 62 (7/8): 296-299.

MADER, H.-J., SCHELL, C., KORNACKER, P. (1988): Feldwege - Lebensraum und Barriere - Natur und Landschaft 63 (6): 251-256.

MARTENS, J.M., GILLANDT, L. (1984): Schutzprogramm für Heuschrecken in Hamburg - Schr.-Reihe Umweltbehörde 10: 55 S.

MÜHLENBERG, M. (1989): Freilandökologie. Wiesbaden (Quelle & Mayer), 2. Aufl., 430 S.

MÜHLENBERG, M. (1991): Die Erforschung des Flächenanspruches von Tierpopulationen - Abhängigkeiten von der Biotopqualität, Konsequenzen für die Eingriffsplanung. - In: Beurteilung von Landschaften für die Belange des Arten- und Biotopschutzes als Grundlage für die Bewertung von Eingriffen durch den Bau von Straßen. - Manuskript, 16 S., Bundesministerium für Verkehr, Bonn und Institut für Landschaftsplanung, Universität Stuttgart.

OSCHMANN, M. (1973): Untersuchungen zur Biotopbindung der Orthopteren - Faun. Abh. Staatl. Mus. Tierkde. Dresden, 4 (21): 177-206.

PAURITSCH, G., MADER, H.-J., ERZ, W. (1985): Beziehungen zwischen Straße und freilebender Tierwelt - Faunistische Kriterien und Entscheidungshilfen bei der Trassenwahl - Forsch.Straßenbau Straßenverkehrstechnik 444, 46 S.

RAMME, W. (1927): Die Eiablage von *Chrysochraon dispar* Germ. (Orth. Acrid.) - Z. Morph. Ökol. Tiere 7: 127-133.

RECK, H., KAULE, G. (1991): Straßen und Lebensräume - Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf die Lebensräume von Pflanzen und Tieren. Manuskript (unveröff.), 330 S. + Anhang.

REMMERT, H. (1980): Natürliche Sukzession oder lenkende Eingriffe in Nationalparks und anderen Schutzgebieten - Schr.Reihe Bayer. Staatsmin. Ernährung, Landwirtsch. Forst. 3. Tagungsber. Nationalpark Bayerischer Wald, Grafenau: 77-90.

RÖBER, H. (1949): Insekten als Indikatoren des Mikroklimas - Naturwiss. Rundschau 11: 496-499.

SÄNGER, K. (1977): Über die Beziehung zwischen Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) und der Raumstruktur ihrer Habitate - Zool. Jb. Syst. 104: 433-488.

TISCHNER, G. (1950): Der Panzertruppenübungsplatz Böblingen. Das Schicksal einer Rodefläche in land- und forstwirtschaftlicher Hinsicht 1937-50. Diplomarbeit (unveröff.), Landwirtschaftliche Hochschule Hohenheim, 48 S.

ULLMANN, I., HEINDL, B. (1986): 'Ersatzbiotop Straßenrand', Möglichkeiten und Grenzen des Schutzes von basiphilen Trockenrasen an Straßenböschungen - Ber. Akad. Nat.sch. Laufen 10: 103-118.

WASNER, U. (1984): Schonende Straßenrandpflege läßt Kleintierfauna überleben. Zwischenergebnisse einer mehrjährigen Freilandstudie - Landesanstalt Ökol. Landesentwickl. Forstpl. Nordrh.Westf. 9 (2): 9-17.

WEIDEMANN, H.-J. (1988): Tagfalter, Bd. 2. Biologie-Ökologie-Biotopschutz. Melsungen (Neumann-Neudamm), 372 S.